



Міністерство освіти і науки України  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет біотехнологій  
Кафедра екології та біотехнологій у рослинництві

## **БІОІНДИКАЦІЯ ДОВКІЛЛЯ**

Методичні вказівки до виконання роботи за темою:

### **«ОЦІНКА ЗАБРУДНЕНOSTІ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛИШАЙНИКІВ (ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ)»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм здобуття освіти зі спеціальності 101 Екологія

**Харків  
2023**

**Міністерство освіти і науки України**  
**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет біотехнологій**  
**Кафедра екології та біотехнологій у рослинництві**

**БІОІНДИКАЦІЯ ДОВКІЛЛЯ**

Методичні вказівки до виконання роботи за темою:

**«Оцінка забрудненості повітря за допомогою лишайників  
(ліхеноіндикація)»**

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної  
форм здобуття освіти зі спеціальності 101 Екологія

Затверджено рішенням  
науково-методичної ради  
факультету біотехнологій  
Протокол № 3  
від 5 червня 2023 р.

Харків  
2023

**УДК 57.022**

Схвалено на засіданні кафедри екології та біотехнологій у рослинництві

Протокол № 11 від 14 червня 2023 р.

**Рецензенти:**

**О.В. Панкова** кандидат с.-г. наук, доцент кафедри екології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

**В.В. Безпалько**, кандидат с.-г. наук, доцент кафедри рослинництва Державного біотехнологічного університету.

«Оцінка забрудненості повітря за допомогою лишайників (ліхеноіндикація)» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч. спец. 101 Екологія; Держ. біотехнол. ун-т; уклад.: О.С. Чалая. – Харків: [б. в.], 2023.– 15 с.

Видання призначене для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навч. спец. 101 Екологія

**УДК 57.022**

Відповідальний за випуск: Чалая О.С., кандидат с.-г. наук

© Чалая О.С., 2023

© ДБТУ, 2023

## ОЦІНКА ЗАБРУДНЕНОСТІ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛИШАЙНИКІВ (ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ)

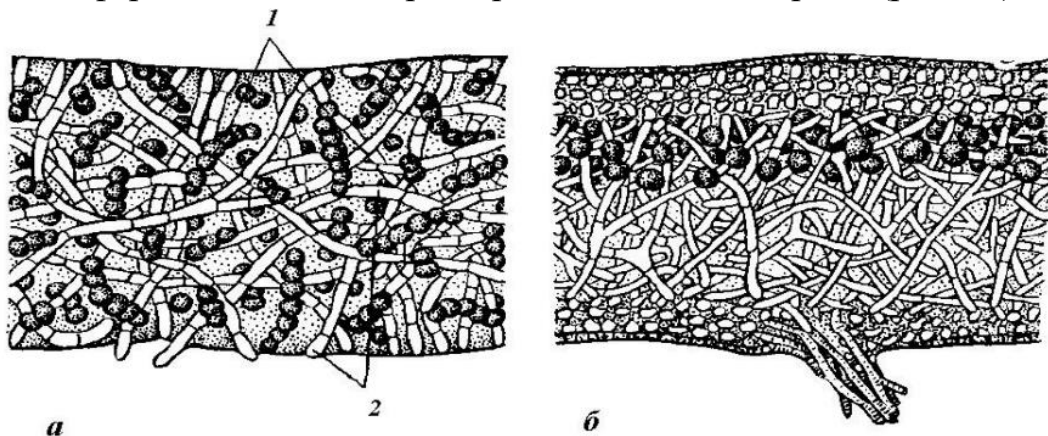
**Мета роботи:** ознайомитись з принципами і умовами проведення біоіндикації середовища; оцінити якість повітря в районі дослідження за допомогою лишайників.

### *Загальні відомості*

Одними з найзатребуваніших організмів у біоіндикації повітря є лишайники.

**Лишайники** – симбіотичні організми, що утворюють талом (вегетативне тіло водоростей, грибів, лишайників тощо, яке не поділене на органи: стебло, лист, корінь, і не має справжніх тканин) та складаються з гриба та одноклітинної водорості.

Вегетативне тіло лишайника, яке називають талломом або сланню, цілком складається з переплетених грибних гіфів. Водорості або розкидані безсистемно серед грибних гіфів у всій товщі слані (рис. 1а), або розташовані окремим диференційованим шаром трохи нижче її поверхні. (рис. 1б).



**Рис. 1. - Клітини водорості, охоплені гіфами гриба:**

а – поперечний розріз гомеомірного таллону; б – поперечний розріз гетеромірного таллону (1 – клітини водорості, 2 – гіфи гриба)

Водоростевий та грибний компоненти лишайника перебувають у дуже складних взаєминах. Мікобіонт поводить себе як паразит і сапрофіт на тілі водорості, а фікобіонт, у свою чергу, паразитує на лишайниковому грибі. При цьому паразитизм фікобіонта завжди носить більш помірний характер, ніж паразитизм гриба.

Рослинний компонент лишайників складають водорості. Необхідні для життя вуглекислий газ та вологу вони отримують безпосередньо з повітря і в процесі фотосинтезу створюють з них органічні речовини, які потім гриб

витає з водорості. В свою чергу, водорість, що знаходиться ізольовано всередині талому лишайнику, усі необхідні для життя мінеральні речовини забирає у гриба. Таким чином, кожен з складових лишайнику може існувати лише у тісному взаємозв'язку.

Лишайники ускладнюють структуру екосистем, роблять їх більш гнучкими і стійкими. Крім цього, лишайники сприяють появі і розвитку життя у найнепридатніших для цього місцях. Наприклад, на голих скелях, що звільнилися від льодовика, лишайники поселяються протягом перших десяти - п'ятнадцяти років. З часом старі таломі відмирають, на них поселяються грибки і мікроорганізми, що розкладають органіку. Так утворюється первинний перегній, на якому можуть рости мохи і навіть деякі види вищих рослин. Самі лишайники спочатку стають домівкою для різних безхребетних – ліхенофагів, за ними приходять і хижаки: павуки, багатоніжки, жулички. Так поступово на голій ділянці виникає екосистема, що розвивається і самоускладнюється.

За зовнішнім виглядом усі лишайники поділяють на **накипні, листуваті і кущисті**.

**Накипні лишайники** виглядають як тоненька дрібнозерниста кірочка, що щільно покриває каміння чи кору дерев. Вважається, що це найбільш примітивний тип цих організмів.



Більш розвинуті лишайники уже не ліпляться до субстрату усім своїм таломом. Вони мають вигляд більш – менш оформленого листа, часто з чисельними лопатями і бахромками, і зазвичай прикріплюються за допомогою короткої і товстої «підшви». При цьому їх краї відносно вільні, і талом досить легко відділяється. Лишайники такого типу називаються



листуватими. До них відноситься більша частина найбільш розповсюджених видів, які можна зустріти на стовбурах дерев у приміських лісах і парках.



На відміну від накипних і листуватих форм лишайників, для яких характерний горизонтальний ріст гіфів, у рунистихабо кущистих лишайників спостерігається вертикально спрямований ріст гіфів і верхівковий ріст сланей. Кущисті лишайники звичайно прикріплюються до субстрату тільки невеликою ділянкою нижньої частини слані. Прямостоячі рунисті лишайники найчастіше прикріплюються до ґрунту тонкими різьодами – нитковидними утвореннями, які виконують у грибів функцію кореня.



#### Особливості використання лишайників для цілей біоіндикації.

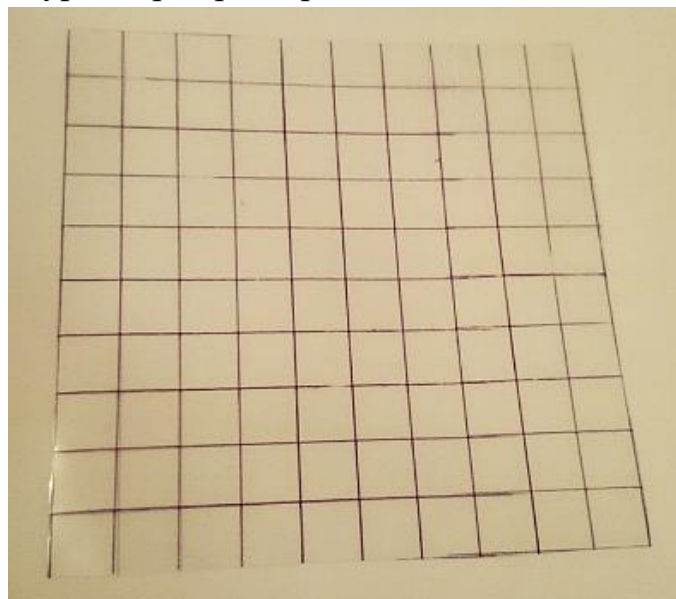
Лишайники поширені по всій земній кулі; вони чутливі до забруднення атмосферного повітря речовинами, які збільшують кислотність середовища ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , HF,  $\text{H}_2\text{S}$ ), тоді як важкі метали і радіонукліди, що накопичуються

на їхній поверхні, практично нешкідливі. Талом лишайника не має кутикули, тому поглинання елементів проходить дуже швидко, і шкідливі речовини легко накопичуються без можливості виділення. Надходячи в таллом, такі з'єднання руйнують хлоропласти водоростей, рівновага між компонентами лишайника порушується, і організм гине. Тому багато видів лишайників швидко зникають з територій, підданих значному забрудненню атмосферного повітря.

Таким чином, лишайники є ідеальним об'єктом біоіндикації стану атмосферного повітря. Вибагливість лишайників до складу повітря зростає в ряду: накипні – листуваті – куцисті. Тобто самими витривалими і толерантними є накипні лишайники. Листуваті проявляють середню чутливість до забруднення повітря, а рунисті лишайники зникають при перших симптомах забруднення. Лишайники можуть бути як індикаторами дії, так і індикаторами накопичення. Метод оцінки забруднення атмосферного повітря за допомогою лишайників одержав назву **ліхеноіндикація**.

У ліхеноіндикації використовуються методи пасивного й активного спостереження. В процесі пасивного спостереження вивчають кількість лишайників та їх видів, а також розміри покриття лишайниками поверхні субстрату в природному біотопі. При активному спостереженні ступінь забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами оцінюють за кількістю ушкодженого талому (% від загальної площі лишайника) і за вмістом забруднюючих речовин у слані лишайника.

**Обладнання і матеріали**: лупа, рамка для визначення ступеня покриття лишайниками стовбурів дерев розміром 10x10 см з клітинками 1x1 см.



**Опис методу**

Обирають район для дослідження й складають його карту з нанесенням ТЕС, заводів, потужних підприємств та великих автомагістралей. Розбивають досліджувану територію на квадрати розміром 10x10 м, 20x20 м, 50x50 м, 100x100 м (залежно від мети дослідження й розрідженості насаджень). У кожному квадраті вибирають 10 старих, але здорових дерев, що ростуть окремо. На кожному дереві підраховують кількість видів лишайників. При цьому, точну назву видів знати не обов'язково – досить відрізнити їх за формою таллону.

Потім проводять оцінку ступеня покриття деревного стовбура лишайником. Для цього на висоті 30–150 см на найбільш зарослу лишайниками частину кори дерева накладають рамку з розмірами 10x10 см і клітками 1x1 см (палетку). Підраховують, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники.

Крім дерев, додатково можна досліджувати заростання лишайниками каменів, ділянок ґрунту, стін будинків і т.п. Отримані результати заносять в таблицю (табл. 1.).

Потім підраховують частоту зустрічаємості кожного виду лишайників за формулою:

$$A^{\text{виду}} = \frac{M^{\text{виду}}}{n} \times 100, \% \quad (1)$$

де  $M^{\text{виду}}$  – кількість лишайників даного виду;

$n$  – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті (у нашому випадку  $n=10$ ). Одержані результати занести в таблицю.

Визначають середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду за формулою:

$$S^{\text{виду}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Si, \% \quad (2)$$

де  $Si$  – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева, %.

$n$  – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті (у нашому випадку  $n=10$ ).



Таблиця 1

Ознака	Дерева									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість накипних лишайників										
Кількість листуватих лишайників										
Кількість кущистих лишайників										
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %										
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %										
Ступінь покриття площі рамки кущистими лишайниками, %										

Після цього кожному отриманому значенню частоти зустрічальності лишайників певного виду  $A^{\text{виду}}$  й ступеню їхнього покриття  $S^{\text{виду}}$  привласнюють свій умовний бал оцінки: відповідно  $a^{\text{виду}}$  й  $s^{\text{виду}}$  за шкалою, наведеною в табл. 5.

**Таблиця 2 – Оцінка частоти зустрічальності й ступеня покриття лишайниками за п'ятибальною шкалою**

Умовний бал оцінки	Частота зустрічальності $A^{\text{виду}}$		Ступінь покриття $S^{\text{виду}}$	
	значення, %	оцінка	значення, %	оцінка
<b>1</b>	0-5,0	дуже рідко	0-5,0	дуже рідко
<b>2</b>	5,1 -20,0	рідко	5,1 -20,0	рідко
<b>3</b>	20,1 – 40,0	рідко	20,1 – 40,0	рідко
<b>4</b>	40,1 – 60,0	часто	40,1 – 60,0	часто
<b>5</b>	60,1 - 100	дуже часто	60,1 - 100	дуже часто

Для кожного виду лишайників обчислюють середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття за формулою:

$$M^{\text{виду}} = \frac{a_i^{\text{виду}} + S_i^{\text{виду}}}{2} \quad (3)$$

Після цього визначають показник відносної чистоти атмосфери:

$$Q = \frac{M^H + 2M^L + 3M^K}{30} \quad (4)$$

де  $M^H$ ,  $M^L$  і  $M^K$  – середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття накипних, листуватих і рунистих (кущисті) лишайників, відповідно.

За даним показником згідно шкали, наведеної в табл. 3, роблять висновки щодо ступеня забруднення атмосферного повітря.

**Таблиця 3 – Шкала оцінки забруднення атмосферного повітря за результатами ліхеноіндикації**

Показник відносної частоти атмосфери, Q	Оцінка забруднення
0,0 – 0,20	сильне («лишайникова пустеля»)
0,21 – 0,40	досить сильне
0,41 – 0,6	середнє
0,61 – 0,80	незначне
0,81 – 1,0	Забруднення відсутнє

**Приклад розрахунку**

При дослідженні території парку ім. Т. Шевченка м. Дніпро методами ліхеноіндикації були отримані наступні результати (табл. 4).

**Таблиця 4 – Результати ліхеноіндикації парку ім. Т. Шевченка м. Дніпро**

Ознака	Дерева										Всього
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Кількість накипних лишайників	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	12
Кількість листуватих лишайників	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	7
Кількість рунистих лишайників	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	60	50	90	60	60	50	40	80	60	70	620
Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %	20	30	30	0	40	30	40	20	0	0	210
Ступінь покриття площі рамки кущистими лишайниками, %	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10	15

1. Підраховуємо частоту зустрічаємості кожного виду лишайників.

Частота зустрічаємості накипних лишайників:

$$A^H = \frac{m^H}{n} \cdot 100\% = \frac{12}{10} \cdot 100 = 120,0\%$$

Частота зустрічаємості листуватих лишайників:

$$A^L = \frac{m^L}{n} \cdot 100\% = \frac{7}{10} \cdot 100 = 70,0\%$$

Частота зустрічаємості рунистих лишайників:

$$A^K = \frac{m^K}{n} \cdot 100\% = \frac{2}{10} \cdot 100 = 20,0\%$$

2. Визначаємо середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду.

Ступінь покриття накипних лишайників:

$$S^H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{10} \cdot 620 = 62,0\%$$

Ступінь покриття листуватих лишайників:

$$S^L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{10} \cdot 210 = 21,0\%$$

Ступінь покриття рунистих лишайників:

$$S^K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{10} \cdot 15 = 1,5\%$$

3. За шкалою оцінки, наведеною в табл. 2, отриманим значенням частоти зустрічальності лишайників певного виду  $A^{\text{виду}}$  та ступеню їхнього покриття  $S^{\text{виду}}$  привласнюють умовний бал оцінки  $a^{\text{виду}}$  та  $s^{\text{виду}}$ :

$$A^H = 120,0\% \rightarrow a^H = 5 \text{ (дуже часто)}$$

$$A^L = 70,0\% \rightarrow a^L = 5 \text{ (дуже часто)}$$

$$A^K = 20,0\% \rightarrow a^K = 2 \text{ (рідко)}$$

$$S^H = 62,0\% \rightarrow s^H = 5 \text{ (дуже висока)}$$

$$S^L = 21,0\% \rightarrow s^L = 3 \text{ (середня)}$$

$$S^K = 1,5\% \rightarrow s^K = 1 \text{ (дуже низька)}$$

4. Для кожного виду лишайників обчислюють середній умовний бал частоти зустрічальності й ступеню покриття:

Середній умовний бал для накипних лишайників:

$$M^H = \frac{a_i^{виду} + S_i^{виду}}{2} = \frac{5+5}{2} = 5.$$

Середній умовний бал для листуватих лишайників:

$$M^L = \frac{a_i^{виду} + S_i^{виду}}{2} = \frac{5+3}{2} = 4.$$

Середній умовний бал для рунистих лишайників:

$$M^K = \frac{a_i^{виду} + S_i^{виду}}{2} = \frac{2+1}{2} = 1,5.$$

Після цього за формулою 4 визначають показник відносної чистоти атмосфери:

$$Q = \frac{M^H + 2 \cdot M^L + 3 \cdot M^K}{30} = \frac{5 + 2 \cdot 4 + 3 \cdot 1,5}{30} = 0,58.$$

**Висновки:** згідно оціночної шкали (табл. 3) визначаємо, що атмосферне повітря на досліджуваній території парку ім. Т. Шевченка має середній рівень забруднення.

### Контрольне завдання

Виконати оцінку забруднення атмосферного повітря за результатами дослідження території методом ліхеноіндикації. Варіанти вихідних даних наведені в додатку.

Звіт з практичної роботи повинен бути оформлений відповідно з наведеним вище прикладом розрахунку.

### Контрольні запитання

1. Симбіозом яких видів є лишайники? Які функції виконує кожен з видів в угрупованні?
2. Чи орієнтуються лишайники на стовбурах дерев відносно сторін світу? Чому?
3. Чому саме лишайники використовують у біоіндикації середовища?
4. Які види лишайників найчутливіші до забруднення?
5. До яких видів забруднення повітря чутливі лишайники?
6. Які забруднюючі речовини можуть накопичуватися в лишайниках?
7. За якими параметрами оцінюють розповсюдження лишайників?

### *Список літературних джерел*

1. Притула Н.М. Біоіндикація: навчальний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Екологія» освітньо-професійної програми «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування», Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 141 с.
2. Основи екології: підручник / [О.В. Солошенко, А.М. Фесенко, С.І. Кочетова та ін.]; за ред. О.В. Солошенко. – Харків: Парустм, 2008. – 371с.
3. Реймерс Н.Ф. Природопользование / Н.Ф. Реймерс. - М.: Мысль, 1990. – 637 с.
4. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія і практикум: навч. пос. / Г.О.Білявський, Л.І. Бутченко, В.М. Навроцький. – К. : Лібра, 2002.- 345 с.
5. Гайнріх Д., Герг М. Екологія: dtv – atlas / Д. Гайнріх, М. Герг; наук. ред. перекл. В.В. Серебряков. – К. : Знання – Прес, 2001. – 287 с.



## Варіанти завдань до практичної роботи

Варіант	Ознаки лишайників	Дерева									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Кількість накипних	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Кількість листуватих	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0
	Кількість рунистих	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
	Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	60	70	90	60	60	50	50	80	60	0
	Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %	0	30	30	0	40	30	10	20	0	0
	Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками, %	0	0	0	0	0	5	0	5	0	10
2	Кількість накипних	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	Кількість листуватих	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	Кількість рунистих	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	0	50	100	60	60	50	40	80	60	0
	Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %	20	30	30	0	40	30	0	0	0	0
	Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками, %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
3	Кількість накипних	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0
	Кількість листуватих	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
	Кількість рунистих лишайників	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	60	50	90	60	60	50	40	80	60	0
	Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %	10	30	30	0	30	30	40	20	0	0
	Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками, %	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10
4	Кількість накипних	2	1	2	1	1	1	1	1	1	0
	Кількість листуватих	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	Кількість рунистих	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Ступінь покриття площі рамки накипними лишайниками, %	60	50	90	60	60	50	40	80	60	0
	Ступінь покриття площі рамки листуватими лишайниками, %	0	30	30	0	0	30	40	20	0	0
	Ступінь покриття площі рамки рунистими лишайниками, %	10	0	0	0	0	0	0	5	0	10

